

**NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**

Patent Number: JP9331116  
Publication date: 1997-12-22  
Inventor(s): NAKAMURA SHUJI  
Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD  
Requested Patent: ☐ JP9331116  
Application Number: JP19960181573 19960621  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01S3/18; H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents: JP3314620B2

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve a light emitting device of nitride semiconductor more in output by a method wherein the emission spectrum of the light emitting diode is made to contain a plurality of emission peaks lined at unequal intervals.

**SOLUTION:** A buffer layer 102, an N-type contact layer 103, an N-type light confinement layer 104, a light guide layer 105, an active layer 106 of laminated multi-quantum well structure composed of an InGaN well layer and a barrier layer larger in band gap than the well layer, a light guide layer 107, a P-type light confinement layer 108, and a P-type contact layer 109 are successively laminated on a substrate 101 for the formation of a laser device. When various currents are made to flow through the laser device, emission spectrums lined at irregular intervals of 1meV to 100meV appear in the emission spectrum of the laser device. By this setup, a light emitting device of this constitution can be improved in output.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-331116

(43) 公開日 平成9年(1997)12月22日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-181573

(22) 出願日 平成8年(1996)6月21日

(31) 優先権主張番号 特願平8-89500

(32) 優先日 平8(1996)4月11日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

特許法第30条第1項適用申請有り

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 中村 修二

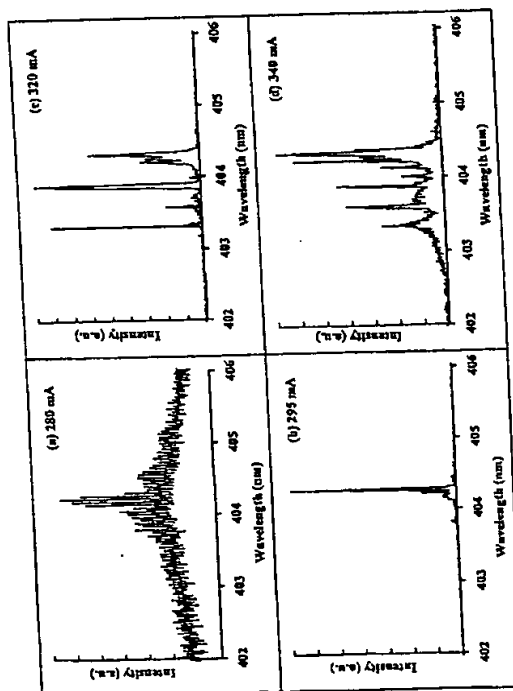
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 窒化物半導体を用いた発光素子の出力をさらに高める。

【構成】 量子構造の窒化物半導体よりなる活性層を発光層として備える窒化物半導体発光素子において、活性層表面に凹凸を設けることにより、活性層とクラッド層との界面で縦横両方向にキャリアが閉じ込められ量子箱効果が発生し、それにより発光素子の発光スペクトル中に、複数の発光ピークが出現して、結果として発光出力が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともインジウムを含む量子井戸構造の窒化物半導体よりなる井戸層を有する活性層を備える窒化物半導体発光素子において、その発光素子の発光スペクトル中には、等間隔でない複数の発光ピークを有することを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 前記発光ピークの間隔は1 meV～100 meVの間隔にあることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項3】 少なくともインジウムを含む量子井戸構造の窒化物半導体よりなる井戸層を有する活性層の上に、活性層よりもバンドギャップが大きいクラッド層が成長されてなる窒化物半導体発光素子であって、前記活性層とクラッド層との界面には凹凸を有することを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項4】 前記活性層と前記クラッド層とは格子不整合の状態で接していることを特徴とする請求項3に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する分野】本発明は窒化物半導体 ( $\text{In}_x\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ ) よりなる発光ダイオード (LED)、レーザダイオード (LD) 等の発光素子に係り、特に発光出力に優れた発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】紫外～赤色の領域に発光する発光素子の材料として窒化物半導体が知られており、現在この材料で既に青色LED、緑色LEDが実用化されたばかりである。現在、市販されている窒化物半導体よりなる青色、青緑色LEDは、 $\text{InGaIn}$ よりなる活性層が、n型およびp型の窒化物で挟まれたダブルヘテロ構造を有しており、例えば、青色LEDで発光出力は、およそ4 mWとLEDとしては十分な出力が得られている。しかしこのLEDは活性層の発光が、活性層に添加されたアクセプター不純物とドナー不純物によるドナーアクセプターのペア発光によって得られているため、発光スペクトルの半値幅が広い。半値幅が広いと、発光色が白っぽく見えて、視感度がよいためLED自体の輝度は高いが、色純度が悪い。

【0003】また、本出願人は、活性層に不純物をドーパせず、 $\text{InGaIn}$ のバンド間発光で青色～緑色に発光するLEDを発表した (例えば、Jpn. J. Appl. Phys. Vol 34 1995 pp. L1332-L1335)。このLEDはノンドープの $\text{InGaIn}$ よりなる単一量子井戸構造の活性層を有するダブルヘテロ構造を有しており、発光出力はピーク波長450 nmの青色LEDで5 mW、520 nmの緑色LEDで3 mW、しかも発光スペクトルの半値幅は20～30 nmしかないので、色純度がよく、非常に高出力のLEDが実現された。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このように青色～緑色のLEDに関しては、ほぼ実用域の素子が完成されているが、LDのような発光素子を実現するためには、さらに発光素子の出力を高める必要がある。従って本発明はこのような事情を鑑みて成されたものであって、その目的とするところは、窒化物半導体を用いた発光素子の出力をさらに高めることにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】我々は単一量子井戸構造、多重量子井戸構造等の量子井戸構造を有する活性層を用いた窒化物半導体積層構造について、数々の実験を重ねた結果、特有の発光スペクトルを有する発光素子により発光出力が高くなることを新規に見出し、本発明を成すに至った。即ち、本発明の窒化物半導体発光素子は、主として二つの態様からなり、第1の態様は、少なくともインジウムを含む量子井戸構造の窒化物半導体よりなる井戸層を有する活性層を備える窒化物半導体発光素子において、その発光素子の発光スペクトル中には、等間隔でない複数の発光ピークを有することを特徴とする。

【0006】さらに、前記複数の発光ピークの間隔は1 meV～100 meVの間隔であることを特徴とする。なお本発明では、必ずしも隣り合った全ての発光ピークの間隔が前記範囲の間にあることを指すものではない。

【0007】また本発明の発光素子の第2の態様は、少なくともインジウムを含む量子井戸構造の窒化物半導体よりなる井戸層を有する活性層の上に、活性層よりもバンドギャップが大きいクラッド層が成長されてなる窒化物半導体発光素子であって、前記活性層とクラッド層との界面には凹凸を有することを特徴とする。さらに、活性層と前記クラッド層とは格子不整合で接していることが好ましい。

## 【0008】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例に係る発光素子の一構造を示す模式的な断面図であり、具体的にはレーザ素子の構造を示している。このレーザ素子は、スピネルよりなる基板101の上に、GaInよりなるバッファ層102と、n型GaInよりなるn型コンタクト層103と、n型AlGaInよりなるn型光閉じ込め層104、n型GaIn、またはn型 $\text{InGaIn}$ よりなる光ガイド層105、 $\text{InGaIn}$ よりなる井戸層と、井戸層よりもバンドギャップが大きい障壁層とが積層されてなる多重量子井戸構造の活性層106と、p型GaIn、またはp型 $\text{InGaIn}$ よりなる光ガイド層107、p型AlGaInよりなるp型光閉じ込め層108、p型GaInよりなるp型コンタクト層109とが順に積層された構造を有しており、p型コンタクト層109のほぼ全面にはストライプ状の正電極20が、n型コンタクト層103には、正電極と平行な負電極21が設けられている。

【0009】このレーザ素子に各パルス電流を流した際のスペクトルを図2に示す。図2において(a)は280mA(閾値直後)、(b)は295mA、(c)は320mA、(d)は340mAでの発光スペクトルを示している。(b)、(c)、(d)は発振時のスペクトルを示している。

【0010】(a)は発振直後のスペクトルを示し、この状態ではおよそ404.2nm付近にある主発光ピークの前後に小さな発光ピークが多数(ファブリペローモード)出現してレーザ発振直後の状態であることが分かる。これがいわゆる縦モードのスペクトルである。電流値を上げると(b)に示すように、そのスペクトルがシングルモードとなって404.2nm付近のレーザ発振を示す。さらに電流を増加させると、(c)に示すように、403.3nm(3.075eV)、403.6nm(3.072eV)、403.9nm(3.070eV)、404.2nm(3.068eV)、404.4nm(3.066eV)というように、主発光ピークの他に、強度の大きな発光ピークが1meV~100meVの間隔で不規則に出現する。さらに(d)では前記ピークの他に、また新たなピークがはっきりと出現しており、これらのスペクトル間隔は等間隔ではなく明らかに縦モードのスペクトルと異なる。

【0011】一般に、半導体レーザの場合、レーザ発振すると、レーザ光の縦モードによる小さな発光ピークが主発光ピークの前後に出現する。この場合の発光スペクトルは、ほぼ等間隔の発光ピークよりなっている。赤色半導体レーザでは、その発光ピークの間隔はおよそ0.2nmである。青色半導体レーザではおよそ0.05nm(1meV)以下である(但し、青色半導体レーザの縦モードは共振器長が600μmにおいて、本出願人により初めて計測された。)。つまり、図2(a)、

(b)の状態では通常のレーザ素子の挙動を示している。しかし、(c)、(d)に示すように、明らかに従来のレーザ素子の縦モードによる発光ピークとは異なった等間隔でないピークが多数出現している。これは図2の電流値による各スペクトルを比較しても分かる。本発明の発光素子では、このような発光スペクトルが発生することにより、出力が高くなる。

【0012】なぜ、このようなピークが発生すると発光素子の出力が高くなるのかは定かではないが、例えば次のようなことが推測される。なお、図3は図1の発光素子において、n型光ガイド層105と、活性層106と、p型光ガイド層107との界面を拡大して部分的に示す模式断面図である。活性層が量子井戸構造の場合、井戸層の膜厚は100オングストローム以下、好ましくは70オングストローム以下、最も好ましくは50オングストローム以下に調整される。一方、障壁層も150オングストローム以下、好ましくは100オングストローム以下に調整される。本発明の発光素子では、このよ

うな単一膜厚が数十オングストロームの薄膜を積層した場合、井戸層、障壁層共、均一な膜厚で成長しておらず、凹凸のある層が幾重にも重なり合った状態となっている。図3に示すように、このような凹凸のある活性層を、活性層よりもバンドギャップの大きいクラッド層で挟むダブルヘテロ構造を実現すると、活性層に注入された電子とホールとが、凹部にも閉じ込められるようになって、クラッド層の縦方向と共に縦横の両方向に閉じ込められる。このため、キャリアが約10~70オングストローム凹凸差がある3次元のInGa<sub>N</sub>よりなる量子箱、あるいは量子ディスクに閉じ込められたようになって、従来の量子井戸構造とは違った量子効果が出現する。従って、多数の量子準位に基づく発光が室温でも観測されるようになり、発光スペクトルの1meV~100meVの間隔で等間隔でない多数の発光ピークが観測される。また、他の理由としては、3次元のInGa<sub>N</sub>よりなる小さな量子箱にキャリアが閉じ込められるので、エキシトン効果が顕著に現れてきて多数の発光ピークが観測される。

【0013】図4は、活性層成長直後の活性層の表面の状態を部分的に示す斜視図であり、活性層の表面の結晶の状態をAFM(Atomic Force Microscope)で測定したものである。図4に示すように活性層の表面には、10~60オングストロームの高さで無数の凹凸が発生しており、活性層はこの状態でクラッド層と接している。本発明の発光素子では、このように活性層の表面に凹凸を設けることにより、前述したような小さな発光ピークが1meV~100meVの間隔で現れやすくなる傾向にあり、結果として、発光出力が向上する。量子井戸構造の場合、好ましい凹凸差としては5オングストローム以上、さらに好ましくは10オングストローム以上、最も好ましくは15オングストローム以上あることが望ましい。下限は活性層の膜厚以下であれば特に限定しない。

【0014】このようにInGa<sub>N</sub>よりなる井戸層を有する活性層に多数の凹凸が発生する理由の一つとして、In組成の面内不均一が考えられる。即ち、単一井戸層内において、In組成の大きい領域と、少ない領域とができるために、井戸層表面に多数の凹凸が発生するのである。InGa<sub>N</sub>は混晶を成長させにくい材料であり、InNとGa<sub>N</sub>とが相分離する傾向にある。このためIn組成の不均一な領域ができる。そして、このIn組成の高い領域に電子と正孔とが局在して、エキシトン発光、あるいはバイエキシトン発光して、LEDの出力が向上し、多数のピークができる。また、レーザ素子では、このバイエキシトンレーザ発振することにより、多数の量子ディスク、量子箱と同等になって多数のピークが出現し、この多数のピークによりレーザ素子の閾値が下がり、出力が向上する。なお、エキシトンとは電子と正孔とが弱いクーロン力でくっついてペアになったもの

である。

【0015】また、図1の発光素子ではInGa<sub>x</sub>Nよりなる井戸層を有する活性層は、活性層よりもバンドギャップの大きいクラッド層で挟まれている。このように三元混晶のInGa<sub>x</sub>Nを二元混晶あるいは三元混晶のAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N (0 ≤ x ≤ 1) で挟んだ構造では、活性層とクラッド層との界面を格子整合させることは理論的に不可能である。従来では半導体結晶は格子整合で成長させるのが常識であった。しかし、本発明の発光素子では、あえて活性層の界面を格子不整合の状態とすることにより、活性層にクラッド層との格子定数不整、熱膨張係数差による歪みを与え、この歪みにより前記した量子箱の効果が顕著に出現するようになるので、発光素子の出力が向上する。

【0016】本発明のレーザ素子の活性層について述べたことを、図5のエネルギーバンド図でわかりやすく示す。図5Aは多重量子井戸構造の活性層のエネルギーバンドを示しており、図5Bは、図5Aの円で囲まれた単一井戸層のエネルギーバンドを拡大して示すものである。前記したように、井戸層においてIn組成の面内不均一があるということは、Bに示すように単一のInGa<sub>x</sub>N井戸層幅にバンドギャップの異なるInGa<sub>x</sub>N領域が存在する。従って、伝導帯にある電子は一度、In組成の大きいInGa<sub>x</sub>N領域に落ちて、そこから価電子帯にある正孔と再結合することによりhνのエネルギーを放出する。このことは、電子と正孔とが井戸層幅のIn組成の多い領域に局在化して、局在エキシトンを形成し、レーザの閾値の低下を助ける。閾値が下がり、出力が高くなるのはこの局在エキシトンの効果によるものである。多数のピークが出現するのは、この局在エキシトンに加えて、三次元的に閉じ込められた量子箱の効果により多数の量子準位間の発光が出てくるからである。

【0017】

【実施例】次に、具体的な実施例により本発明の発光素子を詳説する。図6は本発明の発光素子を得るために使用したMOVPE装置の反応容器内を示す模式的な断面図であり、この装置を用いて図1に示す発光素子を得る方法を述べる。図6において、30は例えばステンレスよりなる反応容器、反応容器30内には基板50およびトレイ34を載置するサセプター32と、サセプター32を回転するシャフト31と、基板50を加熱するヒータ33とが設置されている。さらに基板に向かって平行ないし傾斜して原料ガスを供給するノズル35がサセプター32に接近して設けられ、基板の上方には例えば石英よりなるコニカルチューブ36が設置されている。窒化物半導体は、まずチャンパー30内を真空ポンプ37で真空にした後、サセプター32の上にトレイ34を介して載置した基板50をヒータ33で高温に加熱し、同時にノズル35から原料ガスをキャリアガスと共に供給して、基板上で原料ガスを分解することによって成長さ

れる。原料ガス供給中は常時、コニカルチューブ36内に上から窒素、水素等の不活性ガスよりなる押圧ガスが基板に向かって垂直に流され、原料ガスが基板の熱対流によって拡散されるのを防止している。なお本明細書において示すIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N、Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N等の一般式は、単に窒化物半導体の組成式を示しているに過ぎず、異なる層が同一の式で示されていても、それらの層が同一の組成を示すものではない。

【0018】洗浄したスピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)よりなる基板101をトレイ34にセットして、反応容器内に移送し、反応容器内を水素で十分置換した後、水素を流しながら、基板の温度を1050℃まで上昇させ、基板のクリーニングを行う。基板にはスピネルの他にA面、C面、R面等の面方位を有するサファイアが使用でき、また、SiC、MgO、Si、ZnO、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の単結晶よりなる、公知の基板が用いられる。

【0019】次に、温度を500℃まで下げ、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG(トリメチルガリウム)とを用いてノズル35より供給し、500℃で基板101上にGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなるバッファ層102を3000Å成長させる。なお成長中はコニカルチューブ36より水素、窒素、アルゴンのような不活性ガスを20リットル/分で供給している。バッファ層102は基板と窒化物半導体との格子不整合を緩和するために設けられ、通常、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等が1000Å以下の膜厚で成長されるが、窒化物半導体と格子定数の近い基板、格子整合した基板を用いる場合、また成長方法、成長条件等の要因によっては成長されないこともあるので、省略することもできる。

【0020】バッファ層成長後、温度を1030℃まで上昇させ、同じく原料ガスにTMGとアンモニアガス、不純物ガスにSiH<sub>4</sub>(シラン)ガスを用いて、SiドープGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなるn型コンタクト層103を4μmの膜厚で成長させる。n型コンタクト層103はn型の窒化物半導体であればどのような組成でもよいが、好ましくは、Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N (0 ≤ y ≤ 1) とする。特にn型コンタクト層をAlGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とすることにより、活性層との屈折率差が大きくなり、光閉じ込め層としてのクラッド層、及び電流を注入するコンタクト層として作用させることができる。さらに、このコンタクト層をAlGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とすることにより、活性層の発光をn型コンタクト層内で広がりやすくできるので、閾値が低下する。さらにn型コンタクト層をAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>Nとする場合、基板側のAl混晶比が小さく、活性層側のAl混晶比が大きい構造、即ち組成傾斜構造とすることが望ましい。前記構造とすることにより、結晶性の良いn型コンタクト層が得られるので、結晶性の良いn型コンタクト層の上に積層する窒化物半導体の結晶性も良くなるため、素子全体の結晶性が良くなり、ひいては閾値の低下、素子の信頼

性が格段に向上する。また、活性層側のAl混晶比が大きいために、活性層との屈折率差も大きくなり光閉じ込め層として有効に作用する。一方、Ga<sub>2</sub>Nとすると、n電極とのオーミック特性については非常に優れている。コンタクト層をGa<sub>2</sub>Nとすると、Ga<sub>2</sub>Nコンタクト層と、活性層との間にAlGa<sub>2</sub>Nよりなる光閉じ込め層を設ける必要がある。n型コンタクト層103の膜厚は0.1μm以上、5μm以下に調整することが望ましい。

【0021】次に温度を750℃まで下げ、原料ガスにTMG、TMI（トリメチルインジウム）、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用い、SiドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるクラック防止層（図示せず。）を500オングストロームの膜厚で成長させる。クラック防止層はInを含むn型の窒化物半導体、好ましくはInGa<sub>2</sub>Nで成長させることにより、次に成長させるAlを含む窒化物半導体よりなるn型光閉じ込め層104を厚膜で成長させることが可能となる。LDの場合は、光閉じ込め層となる層を、例えば0.1μm以上の膜厚で成長させる必要がある。従来ではGa<sub>2</sub>N、AlGa<sub>2</sub>N層の上に直接厚膜のAlGa<sub>2</sub>Nを成長させると、後から成長させたAlGa<sub>2</sub>Nにクラックが入るので素子作製が困難であったが、このクラック防止層が次に成長させる光閉じ込め層104にクラックが入るのを防止することができる。しかも次に成長させる光閉じ込め層103を厚膜で成長させても膜質良く成長できる。なおクラック防止層は100オングストローム以上、0.5μm以下の膜厚で成長させることが好ましい。100オングストロームよりも薄いと前記のようにクラック防止として作用しにくく、0.5μmよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、クラック防止層は成長方法、成長装置によっては省略することもできるので図示していないが、LDを製造する上では成長させる方が望ましい。

【0022】次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTEG、TMA（トリメチルアルミニウム）、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用いて、Siドープn型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなるn型光閉じ込め層104を0.6μmの膜厚で成長させる。光閉じ込め層104はAlを含む窒化物半導体、特に好ましくはAl<sub>1-y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N（0<y<1）で構成することにより、結晶性の良いものが得られ、また活性層との屈折率差を大きくしてレーザー光の縦方向の閉じ込めに有効である。この層は通常0.1μm～1μmの膜厚で成長させることが望ましい。0.1μmよりも薄いと光閉じ込め層として作用しにくく、1μmよりも厚いと、たとえクラック防止層の上に成長させたAlGa<sub>2</sub>Nでも、結晶中にクラックが入りやすくなり素子作成が困難となる傾向にある。

【0023】続いて、原料ガスにTMG、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用い、Siドープn型Ga<sub>2</sub>Nよりなるn型光ガイド層105を500オングストローム

の膜厚で成長させる。n型光ガイド層105は、Inを含むn型の窒化物半導体若しくはn型Ga<sub>2</sub>N、好ましくは三元混晶若しくは二元混晶のIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N（0≤x≤1）とする。この層は通常100オングストローム～1μmの膜厚で成長させることが望ましく、特にInGa<sub>2</sub>N、Ga<sub>2</sub>Nとすることにより次の活性層106を量子構造とすることが容易に可能になる。

【0024】次に原料ガスにTMG、TMI、アンモニアを用いて活性層106を成長させる。活性層は温度を750℃に保持して、まずノンドープIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる井戸層を25オングストロームの膜厚で成長させる。次にTMIのモル比を変化させるのみで同一温度で、ノンドープIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.99</sub>Nよりなる障壁層を50オングストロームの膜厚で成長させる。この操作を4回繰り返し、最後に井戸層を成長させ、総膜厚325オングストロームの膜厚の多重量子井戸構造よりなる活性層106を成長させる。なお活性層成長後の表面の状態を示す図が図4である。

【0025】活性層106成長後、温度を1050℃にしてTMG、TMA、アンモニア、アクセプター不純物源としてCp2Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるp型キャップ層（図示せず。）を100オングストロームの膜厚で成長させる。このp型キャップ層は1μm以下、さらに好ましくは10オングストローム以上、0.1μm以下の膜厚で成長させることにより、InGa<sub>2</sub>Nよりなる活性層が分解するのを防止するキャップ層としての作用があり、また活性層の上にAlを含むp型窒化物半導体、好ましくはAl<sub>1-y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N（0<y<1）よりなるp型キャップ層を成長させることにより、発光出力が格段に向上する。このp型キャップ層の膜厚は1μmよりも厚いと、層自体にクラックが入りやすくなり素子作製が困難となる傾向にある。なおこのp型キャップ層も成長方法、成長装置等によっては省略可能であるため、特に図示していない。

【0026】次に温度を1050℃に保持しながら、TMG、アンモニア、Cp2Mgを用いMgドープp型Ga<sub>2</sub>Nよりなるp型光ガイド層107を500オングストロームの膜厚で成長させる。このp型光ガイド層107は前記したように、InGa<sub>2</sub>N、Ga<sub>2</sub>Nとすることにより次のAlを含むp型光閉じ込め層108を結晶性良く成長できる。

【0027】続いて、TMG、TMA、アンモニア、Cp2Mgを用いてMgドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなるp型光閉じ込め層108を0.5μmの膜厚で成長させる。p型光閉じ込め層はn型光閉じ込め層と同じく、0.1μm～1μmの膜厚で成長させることが望ましく、AlGa<sub>2</sub>NのようなAlを含むp型窒化物半導体とすることにより、活性層との屈折率差を大きくして、レーザー光の縦方向の光閉じ込め層として有効に作用する。

【0028】最後に、TMG、アンモニア、 $\text{Cp2Mg}$ を用い、 $\text{Mg}$ ドーパ $\text{p型GaN}$ よりなる $\text{p型コンタクト層109}$ を $0.2\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。 $\text{p型コンタクト層109}$ は、特に $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$  ( $0 \leq Y \leq 1$ )、その中でも $\text{Mg}$ をドーパした $\text{p型GaN}$ とすると、最もキャリア濃度の高い $\text{p型層}$ が得られて、正電極と良好なオーミック接触が得られ、しきい値電流を低下させることができる。

【0029】以上のようにして窒化物半導体を積層したウェーハを反応容器から取り出し、図1に示すように、最上層の $\text{p型コンタクト層109}$ から選択エッチを行い、負電極を形成すべき $\text{n型コンタクト層103}$ の表面を露出させる。さらに、 $\text{p型コンタクト層側}$ からエッチングを行い、ストライプ状のリッジ形状のレーザ素子を作製した後、リッジに平行な位置に正電極20と負電極21とをストライプ状に形成してレーザ素子とする。

【0030】このレーザ素子を室温でパルス発振させたところ、各電流値において図2に示すようなスペクトルを示し、発光出力は同様にMBE（分子線気相成長）装置で成長した同一構造のレーザ素子に比較して閾値電流が20%以上低下し、出力は2倍以上であった。なお、MBE装置によると、窒化物半導体層は原子層レベルで平坦な面が得やすい。

【0031】【実施例2】実施例1において、 $\text{n型コンタクト層103}$ を成長させる際に、TMAの流量を段階的に変化させ、バッファ層102側の $\text{Al}$ 混晶比（ $Y$ 値）が0で $\text{n型光閉じ込め層104}$ 側の $\text{Al}$ 混晶比が0.2である組成傾斜した層を成長させる他は同様にしてレーザ素子を得たところ、閾値電流は実施例1のものに比較して4%低下し、出力は10%向上した。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように本発明の発光素子では、量子構造の窒化物半導体よりなる活性層を発光層と

して備える窒化物半導体発光素子で、その発光素子の発光スペクトル中に複数の発光ピークを有することにより発光素子の出力が向上する。特にレーザ素子では、その特有の発光スペクトルを用いることにより、単一モードの発振を嫌う光磁気ディスクの光源として用いると非常に都合がよい。レーザ素子において、このような現象が出現することを発見したのは本発明が初めてであり、その産業上の利用価値は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る発光素子の構造を示す模式断面図。

【図2】 本発明の一実施例に係る発光素子の発光スペクトルを各電流値で比較して示す図。

【図3】 図1の発光素子の活性層の界面を拡大して部分的に示す模式断面図。

【図4】 活性層成長直後の活性層の表面の状態を部分的に示す斜視図。

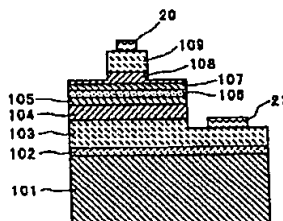
【図5】 本発明の発光素子の井戸層のエネルギーバンド図。

【図6】 本発明の発光素子を得るために使用したMOVPE装置の反応容器内の構造を示す模式的な断面図。

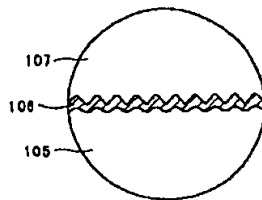
【符号の説明】

- 101・・・基板
- 102・・・バッファ層
- 103・・・ $\text{n型コンタクト層}$
- 104・・・ $\text{n型光閉じ込め層}$
- 105・・・ $\text{n型光ガイド層}$
- 106・・・活性層
- 107・・・ $\text{p型光ガイド層}$
- 108・・・ $\text{p型光閉じ込め層}$
- 109・・・ $\text{p型コンタクト層}$
- 20・・・正電極
- 21・・・負電極

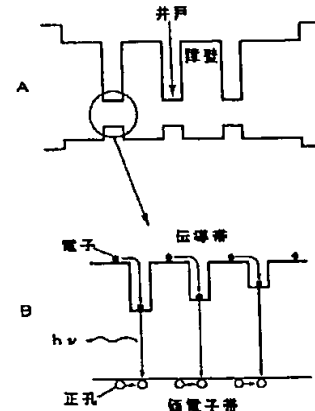
【図1】



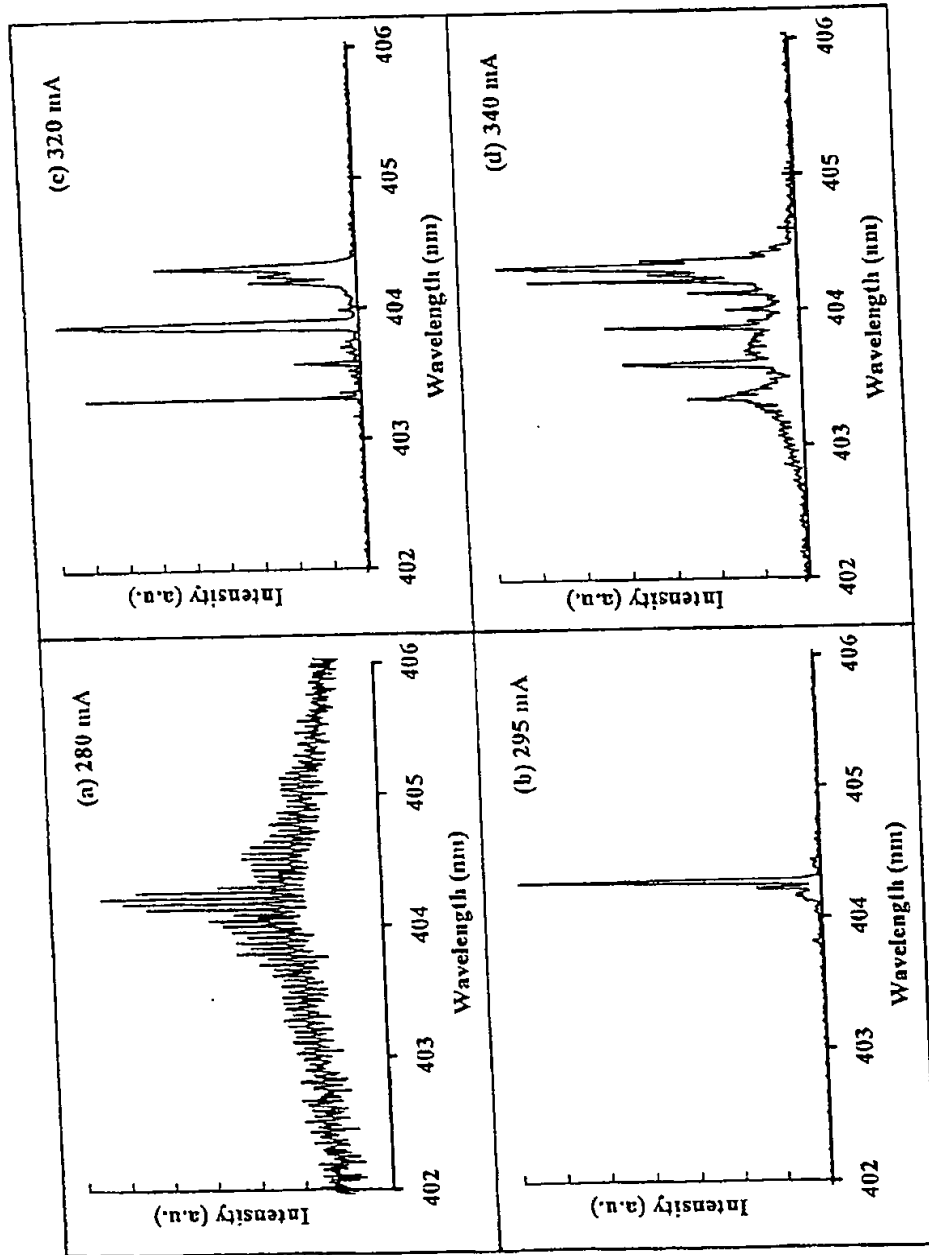
【図3】



【図5】

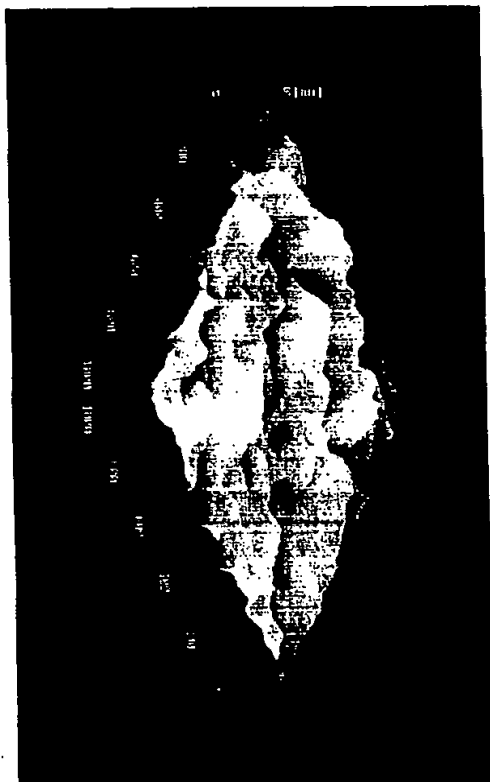


【図2】





【図4】



【図6】

